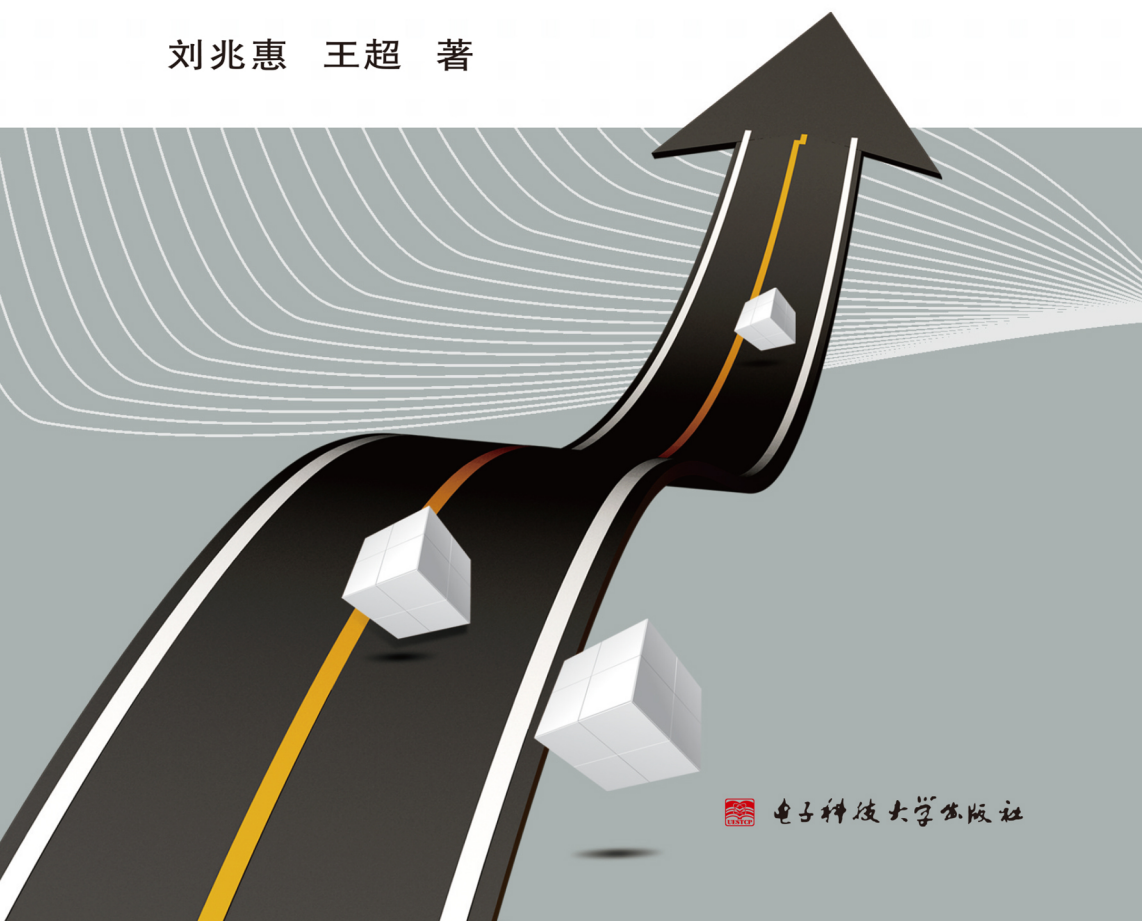


高等级公路

交通安全评价及事故预测

GAODENGJI GONGLU JIAOTONG ANQUAN PINGJIA JI SHIGU YUCE

刘兆惠 王超 著



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高等级公路交通安全评价及事故预测/ 刘兆惠, 王超著. -- 成都: 电子科技大学出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5647-3090-1

I. ①高… II. ①刘… ②王… III. ①公路运输—交通运输安全—安全管理—中国 IV. ①U492.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 158426 号

高等级公路交通安全评价及事故预测

刘兆惠 王超 著

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谭炜麟

责任编辑: 谭炜麟

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都市天金浩印务有限公司

成品尺寸: 210mm×145mm 印张 6.25 字数 140 千字

版 次: 2015 年 7 月第一版

印 次: 2015 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3090-1

定 价: 36.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

内容简介

本书系统讲述道路交通安全领域中黑点段鉴别、安全性评价及事故预测的基本理论、方法与实施技术手段。主要包括针对事故历史资料不完备的山区高等级公路提出的车辆运动参数综合分析法,对事故资料完备的高等级公路的黑点段鉴别新方法,对山区高等级公路和平原微丘区高等级公路道路交通安全评价方法和多元道路交通事故预测方法。

本书注重科学理论与工程实践的结合,实用性强,可供交通运输规划与管理、载运工具运用工程、道路与桥梁等学科的高校师生、科研人员、工程技术人员阅读。

前 言

汽车与交通运输产业的发展,在推动社会经济进步的同时,伴之而来的交通事故对社会公共安全构成严重威胁。鉴于严峻的交通安全形势,分析研究交通事故特点,抑制交通事故高发,降低道路交通事故危害程度是一项重要而紧迫的研究工作。近年来,随着公路路网的高标准、大规模建设,我国公路交通事故的发生背景已经产生了很大变化,其重要特征是大多数重特大交通事故发生在二级以上的高等级公路上。因此,进行高等级公路交通安全研究工作对降低道路交通事故社会经济损失具有深刻的现实意义。

本书将道路交通安全综合评价分为区域道路局部点/段评价和区域道路全线的整体评价两部分。在局部点/段评价研究中,从道路交通事故统计数据资料完整性和道路自身特点出发,阐述两类黑点段鉴别方法。道路黑点段鉴别一方面可以找到事故的主要诱因并加以重点整治,从而改善现有道路的交通安全水平;另一方面还可以通过黑点段研究获得事故与道路交通条件之间的联系,识别道路交通设计中的缺陷。

在道路全线整体安全性评价研究过程中,由于各种影响因素之间关系复杂,要保证鉴别的准确性及鉴别手段的可行性,就需要针对不同地区高等级公路的特点,采用不同的评价方法对道路交通安全性进行评价。针对山区道路指标具有模糊性的特点,采用模糊统计理论中的集值统计方法进行道路整体安全性评价研究,

确定道路交通安全的主要影响因素。针对平原微丘区高等级公路,综合运用灰类白化权函数聚类理论、模糊一致性理论及层次分析法,提出系统评价道路安全性的新方法。

道路系统中诸要素相互耦合失调是诱发交通事故的主要原因之一。这些因素之间通过高度的非线性关系相互影响、相互作用,具有较大的随机性;且由于道路交通系统的多因素、多关系、多时间尺度、高度的非线性等特性和所处环境的复杂性、多变性和不可预知性,使得人们在有限的技术手段和时空条件下很难或不可能获取完备的系统模型信息,即系统处于“贫”信息状况,同时由于噪声污染等因素的影响,使得预测结果无法令人满意。考虑上述问题,结合对道路安全性评价确定出的主要道路影响因素中的关键因素进行量化分析,建立当量交通事故率与道路影响因素多元预测模型,实现多个影响因素作用下的道路交通事故预测,有效突破现有事故预测方法仅针对单因素预测的局限性。

本书通过系统性与逻辑性相结合等方式,进行道路交通安全领域中黑点段鉴别、安全性评价和事故预测的基本理论、方法与实施技术手段等方面的阐述,为读者进行道路交通安全领域的深入研究提供了新思路和新方法。

本书在撰写过程中,得到吉林大学交通学院许洪国教授、汽车工程学院管欣教授、吉林大学博士后工作办公室蒋磊、王昊丰老师的热情指导和支持,在此表示衷心的感谢!同时感谢研究生吕明新、孙婷婷在编写过程中所做的工作。

由于作者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请同仁和读者批评指正。

刘兆惠
2014 年 1 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 道路交通安全	1
1.1.1 概 况	1
1.1.2 研究领域	5
1.2 研究进展	5
1.2.1 道路黑点段鉴别研究	5
1.2.2 道路安全评价研究	8
1.2.3 道路交通事故预测研究	12
1.3 安全性评价与事故预测	17
第 2 章 高等级公路黑点段分析	20
2.1 基于速度连续性的山区道路黑点段鉴别	22
2.1.1 适用性	22
2.1.2 运行速度特性	24
2.1.3 试验数据采集	26
2.1.4 运行速度协调性	30
2.1.5 运行速度与设计速度协调性	33
2.1.6 局限性	36



2.2	基于加速度的山区道路黑点段鉴别	37
2.2.1	适用性	37
2.2.2	试验数据采集	43
2.2.3	加速度指标	45
2.3	车辆运动参数综合分析法	48
2.3.1	基本思想	48
2.3.2	应用条件	49
2.3.3	技术步骤	49
2.4	基于事故数据的黑点段鉴别方法	51
2.4.1	基本思想	51
2.4.2	应用条件	52
2.4.3	事故折算	52
2.4.4	可变区间过滤法	53
2.4.5	黑点段鉴别标准	54
第3章	山区高等级公路安全评价	59
3.1	评价指标体系	60
3.1.1	指标体系建立原则	60
3.1.2	指标体系建立过程	62
3.1.3	山区高等级公路安全性评价指标体系	62
3.2	评价指标权重	64
3.2.1	权重确定方法	65
3.2.2	权重确定原则	66

3.2.3 专家咨询法	66
3.3 集值统计数学建模	67
3.3.1 数学描述	67
3.3.2 单指标评价	68
3.3.3 综合评价	69
3.4 评价方法的应用	70
3.4.1 评价指标权重分配	70
3.4.2 集值统计序列样本采集	71
3.4.3 交通安全性评价	72
3.4.4 评价准确性验证	74
3.5 评价方法的优势	75
第4章 平原微丘区高等级公路安全评价	76
4.1 道路安全等级灰色定权聚类评价	77
4.1.1 灰色聚类分析原理与步骤	80
4.1.2 聚类权标定	82
4.2 理论基础	85
4.2.1 递阶层次结构	86
4.2.2 层次量化分析	87
4.3 多级综合评价	92
4.3.1 聚类指标	92
4.3.2 白化权函数确定	94
4.3.3 聚类权确定及道路安全级别划分	97



4.3.4	交通安全道路因素辨析	100
第5章	交通事故灰色—RBF神经网络预测	107
5.1	多元预测的理论基础	110
5.1.1	灰色系统	110
5.1.2	RBF神经网络	119
5.2	灰色—RBF神经网络组合预测	131
5.2.1	最优组合预测方法	131
5.2.2	最优组合预测计算	132
5.3	组合预测效果评价	133
第6章	高等级公路事故多元预测	137
6.1	影响因素量化评估	137
6.1.1	平纵线形组合	137
6.1.2	隔离防护设施	140
6.1.3	视距	144
6.1.4	交通标线	146
6.2	多元灰色预测	147
6.2.1	平原微丘区事故预测	147
6.2.2	山区事故预测	158
6.3	交通事故RBF神经网络多元预测	166
6.3.1	径向基函数神经元模型	167
6.3.2	RBF网络结构	168

6.3.3 RBF 网络工作原理	169
6.3.4 RBF 网络构建	170
6.3.5 RBF 网络预测数据预处理	173
6.3.6 RBF 神经网络预测实现	175
6.3.7 RBF 神经网络的泛化能力	179
6.4 模型权值确定及效果评价	179
参考文献	183

第1章 绪 论

1.1 道路交通安全

1.1.1 概 况

道路交通是由人、车、路和环境所共同组成的一个复杂系统。如果系统的四个组成部分之间相互关系失调就会产生交通安全问题,即发生交通事故。道路交通事故是指车辆在道路上因过错或者意外造成的人身伤亡或者财产损失的事件。

据世界卫生组织统计,发展中国家与地区每年因机动车事故死亡的人数高达百万人,在主要死亡原因中道路交通事故将上升至第二位。交通事故给发展中国家造成每年高达14亿~20亿美元的经济损失,为GDP总值的1%~2%。世行道路安全专家指出,发展中国家对道路安全问题的认识水平可分为三个等级。

第一级认识水平:在这类国家中,对道路安全问题缺少认识,事故资料几乎没有,缺少事故数据管理系统。政府对道路安全问题或道路用户风险的发展趋势所知甚少,没有专门的机构负责道路安全事宜,对道路安全问题漠不关心。

第二级认识水平:政府已意识到道路安全问题的重要性,但却

没能给予足够重视,道路事故资料残缺不全。媒体开始关注,一些大学和科研机构开始着手研究道路安全问题。

第三级认识水平:政府已经认识到道路安全问题的重要性并给予关注,建立了先进的交通事故档案管理系统,成立了相关研究机构并培训人员,可进行道路事故黑点段鉴别及道路安全评价等工作。开始对国民进行道路安全教育,科研机构尽管缺少数据资源,但正开展道路安全方面的研究项目。

针对日趋严重的交通事故,除非采取有效预防措施,否则在中等收入和低收入国家中道路交通事故死亡率增长的趋势仍会继续。不少发展中国家,如中国、斐济、马来西亚、泰国等正在进行诸如道路交通事故多发点段改善、道路安全评价、交通事故预测、道路事故数据库建立的相关研究工作。按照世行分级标准,中国目前对交通安全问题的认识介于第二级认识水平和第三级认识水平之间。

中国是世界上发生道路交通事故最多的国家之一,交通安全问题已成为比较严重的社会问题。每年约十万的交通事故死亡人数充分揭示了约占世界 20% 人口,但只拥有世界 1.5% 机动车辆的中国道路交通安全的严峻形势。如以当量机动车数计算,中国交通事故死亡率为美国的 30 倍左右(美国拥有世界 5% 的人口,世界 20% 的机动车辆,每年交通事故死亡人数约 4 万人)。

随着机动化和城市化进程加速及公路建设的快速扩张,我国的道路交通整体系统处于逐年膨胀之中。在给国民带来前所未有的机动性的同时,相伴而生的负面效应——交通安全的压力也与日俱增(全国历年道路交通事故起数如图 1-1 所示,道路交通事故死伤人数如图 1-2 所示,道路交通事故直接财产损失如图 1-3 所

示,道路交通事故死亡率如图 1-4 所示)。从统计分析,交通事故死亡人数和十万人口死亡率多年来一直在较高水平徘徊,而事故起数、受伤人数和直接财产损失均在 2003 年后呈现下降趋势,万车死亡率则逐渐下降。由于近年来政府从交通管理和交通安全研究等各方面采取了一些有效措施,加大了科研、管理、资金的投入,使交通事故及各项损失不断增加的势头得到有效遏制,但道路交通事故造成的人员伤亡和财产损失在绝对数字上仍然是十分巨大的,交通安全形势依然严峻,确应采取更加强有力的治理措施,以减少交通事故的发生。

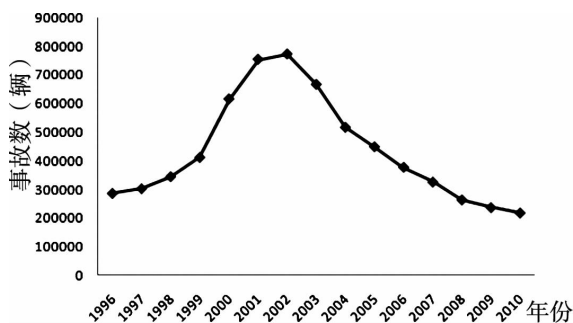


图 1-1 全国历年道路交通事故起数

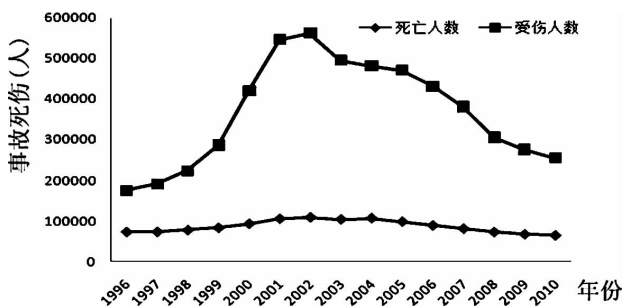


图 1-2 全国历年道路交通事故死伤人数

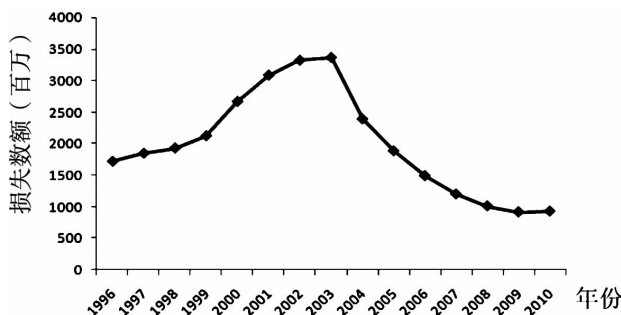


图 1-3 全国历年道路交通事故直接财产损失

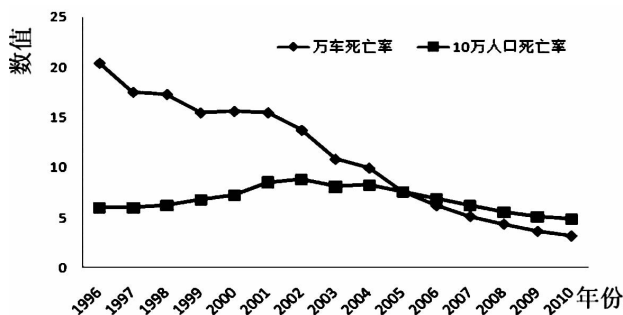


图 1-4 全国历年道路交通事故死亡率

中国交通安全管理水平与世界发达国家的总体差距依然较大,造成这种差距的原因是多方面的。一是交通参与者的安全意识差,突出表现为机动车驾驶员安全水平差距较大,行人违章现象严重;二是机动车安全运行管理存在欠缺,造成车辆安全性能降低,如维护保养不及时等;三是交通设施对交通参与者的安全防护能力不够;四是在道路规划与设计过程中没有兼顾道路安全整体水平,特别是在道路安全设施设计、道路线型设计、交通标志标线设立等方面应不断加以完善;五是事故现场紧急救护水平有待于进一步提高,应逐步增加、完善紧急联络设施及相应医疗救护装

备,提高救援人员快速抵达事故现场的能力。

鉴于目前我国公路运输业进入快速发展阶段,机动车保有量及道路基础设施增加迅猛的现实情况,更应该高度重视道路交通安全研究工作,不断提升研究水平,将道路交通事故对人民生命与财产安全造成的损失降到最低。

1.1.2 研究领域

道路交通安全研究主要集中在以下领域:

- 道路安全状况调查与分析评价
- 道路事故多发位置鉴别
- 道路事故多发点段改造与安全设计
- 道路安全评价及实施
- 道路安全统计分析和事故模型研究
- 道路交通事故预测研究
- 道路安全信息系统数据库设计、建立与维护

1.2 研究进展

1.2.1 道路黑点段鉴别研究

尽管道路交通事故存在随机性,但在实际调查中,总会发现在某些地点或路段经常发生性质类似的交通事故,这些地点和路段就是道路中的黑点段。在道路事故多发路段治理和改善过程中,最关键的就是鉴别事故多发路段的位置。

事故多发段鉴别是公路安全管理的重要组成部分,对研究公

路交通安全具有重大意义,其原因在于:(1)事故多发路段集中了较高比例的交通事故,具有严重的危害性;(2)事故多发路段发生的交通事故与道路线形、交通安全设施和交通环境等因素有关,其中的相关性,是公路设计、管理部门所特别关心的;(3)对事故多发路段采取有针对性的改善措施能以较少的投入、大幅度地降低整条公路的事故率,从而取得较大的经济和社会效益。因此,事故多发路段的鉴别工作进展状况一直受到道路和交通管理部门的密切关注。

分析事故多发路段的成因,并提出有针对性的改善措施,力求以最经济的投入,达到最好的安全效果,一直是国内外交通安全工作的主要目标。国内外事故多发路段研究的差别主要体现在事故多发路段的鉴别方法上。

常用事故多发路段鉴别方法主要有事故数法、事故率法、矩阵法、概率论—数理统计方法、安全系数法、质量控制法(QCM)、累计频率曲线法、当量总事故次数法(ETAN)、临界率法(CRM)和交通冲突技术(TCT)等,每一种方法均具有各自的优缺点和适用条件。即使是对符合适用条件的道路事故多发点进行鉴别时,也应该结合具体情况对鉴别方法进行研究,以提高鉴别结果的准确性。

(1)事故数法

这类方法的主要优点是简单直接,容易应用,在各地进行事故多发点段的排查过程中采用得比较多。但也存在着一定局限性:一是事故数量统计过程中,要求不能隐瞒或遗漏;二是从道路和交通的角度来看,即使一些未引起较大财产损失的事故也是值得重视的;三是对不同等级的道路,应考虑其事故数量与影响程度之间的关系。因此,单纯以事故的绝对数进行事故判别将会与实际情

况有较大出入。另外,为体现不同事故严重程度所造成损失的差异性,还需要通过计算方法赋予死亡及受伤人员一定权值的方式来计算当量事故数。

(2) 事故率法

事故率法的特点是综合考虑了事故数、交通量和路段长度,因此较事故数法更符合实际情况。该方法的局限性主要体现在以下两个方面:一是交通量与交通事故数据之间并不构成正比例关系,会因此产生误差;二是大多数低等级公路交通量的历史数据资料不全,会给后续分析工作带来困难。

(3) 矩阵法

考虑到事故数法和事故率法各有优缺点,为避免单独采用某一种方法鉴别道路黑点段所产生的片面性,提出了二者相结合而成的矩阵法。矩阵法对每一个道路单元计算事故数和事故率,以水平轴代表事故数,纵轴代表事故率,点出事故数和事故率的分布,数据点的位置就代表路段的危险程度。其优点在于能够充分体现事故的特征,但是该方法只表示了路段的危险程度,而不能对低事故次数高事故率与高事故次数低事故率做出质的区别,需要进一步分析判断。

(4) 概率论——数理统计方法

在对目标路段进行广泛调查的基础上,依据概率论与数理统计知识对交通安全数据进行整理分析,找出交通事故的统计规律,并确定界限值,从而筛选出事故多发点段的方法统称为概率论——数理统计方法。此类方法具有可靠性好、精度高的优点,因此被业内所广泛采用。但它也存在着需要数据量大,调查时间长、范围广的缺点。